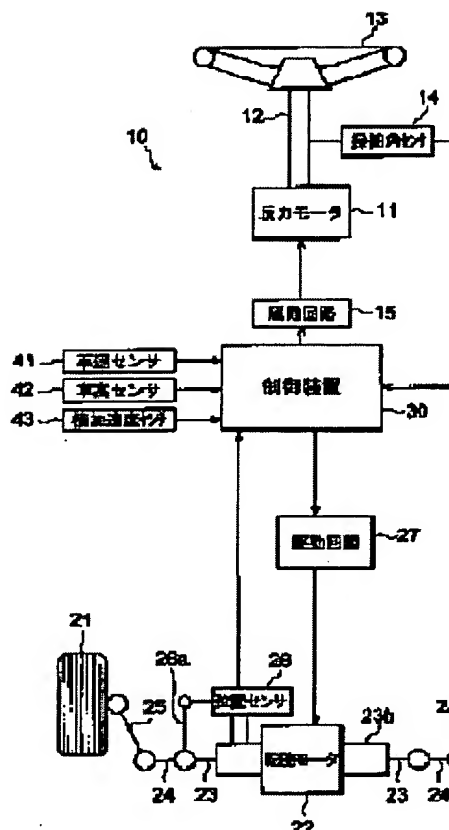


STEERING CONTROL DEVICE

Patent number: JP2000128002
Publication date: 2000-05-09
Inventor: KAWAGUCHI YUTAKA; SUGITANI NOBUYOSHI;
NAKANO SHIRO
Applicant: TOYOTA MOTOR CORP;; KOYO SEIKO CO
Classification:
- **international:** B62D6/00; B62D6/02; B62D101/00; B62D111/00;
B62D113/00
- **european:**
Application number: JP19980304048 19981026
Priority number(s): JP19980304048 19981026

Abstract of JP2000128002

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable a steering reaction force to be applied which reflects a force acting on a turning shaft by setting the amount of control for a reaction force applying means based on the amount of control on the basis of the steering condition and the amount of control on the basis of the turning position. **SOLUTION:** The axial tension that acts on a rack shaft 23 corresponds to an actual stroke position X_r of the rack shaft 23. Therefore, as expressed in the formula, $T_h = K_p \cdot \theta + K_d \cdot \frac{d\theta}{dt} + K_{dd} \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} + F_p \cdot X_r + F_d \cdot \frac{dX_r}{dt} + F_{dd} \cdot \frac{d^2X_r}{dt^2}$ (where, K_p , K_d , K_{dd} , F_p , F_d , and F_{dd} represent predetermined corresponding coefficients of gain), the amount of control T_h for a reaction force motor 11 is set based on the amount of control on the basis of a steering angle θ and the amount of control on the basis of the actual stroke position X_r .



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(11)特許出願公開番号
特開2000-128002
(P2000-128002A)

Figure 1 is a block diagram of a vehicle control system. At the top, a vehicle 10 is shown with a steering wheel 13. A steering angle sensor 14 is connected to the steering wheel 13 and outputs a signal to a control device 30. The control device 30 also receives inputs from a vehicle speed sensor 41, a vehicle position sensor 42, and a vehicle acceleration sensor 43. The control device 30 outputs a signal to a reaction motor 11, which is connected to the steering wheel 13. The control device 30 also outputs a signal to a drive circuit 27. The drive circuit 27 is connected to a steering motor 22. The steering motor 22 is connected to a steering rack 23, which is connected to a steering knuckle 24, which is connected to a steering wheel 25. The steering wheel 25 is connected to the vehicle 10. A position sensor 26 is connected to the steering motor 22 and outputs a signal to the control device 30.

【特許請求の範囲】

【請求項1】 操舵ハンドルの操作に応じて、転舵軸を駆動するアクチュエータの駆動制御を行うことで、前記転舵軸に連結された転舵輪の転舵制御を行う操舵制御装置であって、

前記操舵ハンドルの操舵状態を検知する操舵状態検知手段と、

前記転舵輪の転舵位置を検知する転舵位置検知手段と、

前記操舵ハンドルに操舵反力を付与する反力付与手段と、

前記操舵状態検知手段で検知された操舵状態に基づく制御量と前記転舵位置検知手段で検知された転舵位置に基づく制御量とをともに、前記反力付与手段に対する制御量を設定する制御量設定手段とを備える操舵制御装置。

【請求項2】 前記転舵位置に基づく制御量は、前記転舵位置と転舵位置の変化状態とに基づく制御量である請求項1記載の操舵制御装置。

【請求項3】 前記転舵位置に基づく制御量を、前記転舵輪と路面との間の摩擦状態に応じて補正する補正手段を備える請求項1又は2記載の操舵制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

$$T = M_2 \cdot (d^2 \theta / dt^2) + M_1 \cdot (d \theta / dt) + M_0 \cdot \theta \pm M_c \cdots (A)$$

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような操舵装置では、操舵ハンドル101の操作状態を検出し、その検出結果をもとに車輪105を転舵させるため、操舵ハンドル101の操作に対して、車輪105の転舵動作は時間的に遅れて現れる。操舵反力は、本来、ロッド104に作用する軸力が反映されるものであるため、(A)式で示されるように、操舵角 θ のみに基づいて操舵反力を規定すると、例えば、操舵ハンドル101を切り返す操作を行った場合に、アクチュエータ107で発生される操舵反力の方向が逆になる場合も生じ得る。

【0005】本発明はこのような課題を解決すべく考えたものであり、その目的は、実際に転舵軸に作用する力を反映した操舵反力を付与し得る操舵制御装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】そこで請求項1にかかる操舵制御装置は、操舵ハンドルの操作に応じて、転舵軸を駆動するアクチュエータの駆動制御を行うことで、転舵軸に連結された転舵輪の転舵制御を行う操舵制御装置であって、操舵ハンドルの操舵状態を検知する操舵状態検知手段と、転舵輪の転舵位置を検知する転舵位置検知手段と、操舵ハンドルに操舵反力を付与する反力付与手段と、操舵状態検知手段で検知された操舵状態に基づく制御量と転舵位置検知手段で検知された転舵位置に基づく制御量とをともに、反力付与手段に対する制御量を設定する制御量設定手段とを備えて構成する。

【発明の属する技術分野】本発明は、転舵輪を転舵駆動するアクチュエータの駆動制御を行うことで、操舵ハンドルの操作に応じて転舵輪を転舵させる操舵制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】操舵ハンドルに連結された操舵軸と、転舵輪を転舵させる転舵機構とを機械的に分離し、これらの連動制御を電気的に行う操舵制御装置が提案されている。例えば、特開平4-133860号では、図12に示す制御システムが開示されており、操舵ハンドル101の操作量をポテンショメータ102で検出し、その検出結果をもとに、転舵装置103によってロッド104を変位させて車輪105を転舵させる機構となっている。また、操舵ハンドル101はステアリングシャフト106を介してアクチュエータ107に連結されており、アクチュエータ107の駆動力により操舵反力が与えられる。この際、アクチュエータ107によって発生する操舵反力 T は、下記の(A)式に基づいて決定している。なお、下記式中、 θ は操舵角、 M_2 、 M_1 、 M_0 は定数、 M_c は操舵方向により符号の変化する定数である。

【0003】

【0007】転舵軸に作用する力は転舵輪の転舵変位と対応するため、転舵位置をもとに転舵軸に作用する力を概ね把握することができる。このため、制御量設定手段において、操舵状態に基づく制御量と転舵位置に基づく制御量とをともに、反力付与手段に対する制御量を設定することで、転舵軸に作用する力を考慮した操舵反力が付与される。

【0008】請求項2にかかる操舵制御装置は、請求項1における操舵制御装置において、転舵位置に基づく制御量は、転舵位置と転舵位置の変化状態とに基づく制御量である。

【0009】このように転舵位置に基づく制御量を、転舵位置の変化状態を考慮して設定することで、転舵位置を変えつつある転舵輪の運動状態により即した、すなわち転舵軸に作用する実際の軸力により即した操舵反力を付与することができる。

【0010】請求項3にかかる操舵制御装置は、請求項1又は2にかかる操舵制御装置において、転舵位置に基づく制御量を、転舵輪と路面との間の摩擦状態に応じて補正する補正手段を備えて構成する。

【0011】転舵の際に転舵軸に作用する軸力は、転舵輪と路面との間の摩擦状態の影響を受け、この摩擦が小さい場合には転舵軸に作用する軸力が小さくなり、反対に、摩擦が大きい場合には転舵軸に作用する軸力も大きくなる。そこで、補正手段によって、転舵輪と路面との間の摩擦状態に応じて転舵位置に基づく制御量を補正することで、運転者は路面状態に応じた操舵感を得ること

ができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態につき、添付図面を参照して説明する。

【0013】図1に実施形態にかかる操舵制御装置の構成を示す。この操舵制御装置は、運転者が操作する操舵機構10、車輪21を転舵させる転舵機構20、これら操舵機構10と転舵機構20との連動制御を電気的に行う制御装置30を備えて構成する。

【0014】操舵機構10は、操舵反力を発生する反力モータ11を備えており、この反力モータ11の出力軸に操舵軸12を連結し、操舵軸12に対して操舵ハンドル13を連結している。また、操舵軸12には、操舵ハンドル13の操舵角を検出する操舵角センサ14を設けている。さらに、後述する制御装置30から出力された制御量 T_h が与えられる駆動回路15を備えており、駆動回路15は与えられた制御量 T_h に応じて反力モータ11を駆動させる。

【0015】転舵機構20は、車輪21を転舵させる駆動源となる転舵モータ22を備えており、転舵モータ22によって、ラックハウジング23h内のラック軸23（転舵軸）をその軸線方向に沿って変位駆動させる。また、ラック軸23の両側には、それぞれタイロッド24、ナックルアーム25を介して車輪21が連結されており、ラック軸23の変位量及び変位方向に応じて車輪21の転舵がなされる機構となっている。また、ラック軸23のストローク位置を検出する位置センサ26の本体をラックハウジング23hに対して固定し、位置センサ26の検出ロッド26aをラック軸23に接続しており、ラックハウジング23hに対するラック軸23の変位量からラック軸23のストローク位置を検出する。そして、ラック軸23のストローク位置が車輪21の転舵角に対応するため、位置センサ26によってラック軸23のストローク位置を検出することで、車輪21の転舵角を検知している。また、後述する制御装置30から出力された制御量 T_w が与えられる駆動回路27を備えており、駆動回路27は与えられた制御量 T_w に応じて転舵モータ22を駆動させる。

【0016】制御装置30には、操舵角センサ14、位置センサ26の検出結果の他、車速を検出する車速セン

$$T_w = C_p \cdot (X_t - X_r) + C_d \cdot d(X_t - X_r) / dt$$

$$+ C_i \cdot \int (X_t - X_r) dt \quad \dots (1)$$

S106において、転舵モータ22に対する制御量 T_w が設定された後、S108に進み、S106で設定された制御量 T_w を駆動回路27に対して出力し、駆動回路27は制御量 T_w をもとに転舵モータ22を駆動する。

【0023】このような処理を繰り返し実行することで、操舵ハンドル13の操舵角 θ 、車速 V に応じた車輪21の転舵制御が継続して実行される。

【0024】次に制御装置30で実施する反力モータ1

サ41、四輪の各サスペンションと車体との相対変位を検出する車高センサ42、車両に作用する横方向の加速度を検出する横加速度センサ43の各検出結果が与えられ、これらの検出結果をもとに、反力モータ11及び転舵モータ22の駆動制御を実施している。

【0017】ここで制御装置30で実施する転舵モータ22の制御処理について、図2のフローチャートに沿って説明する。

【0018】このフローチャートは、イグニションスイッチのオン操作によって起動する。まず、ステップ（以下、ステップを「S」と記す）102に進んで、操舵角センサ14で検出された操舵角 θ 、車速センサ41で検出された車速 V 及び位置センサ26で検出されたラック軸23の実ストローク位置 X_r をそれぞれ読み込む。

【0019】なお、前述したようにラック軸23のストローク位置は車輪21の転舵位置（転舵角）に対応するため、「実ストローク位置」は車輪21の「実転舵位置」と同義である。

【0020】続くS104では、S102で読み込んだ操舵角 θ と車速 V をもとに、車輪21の転舵制御の目標となる、ラック軸23の目標ストローク位置 X_t を設定する。この際、制御装置30には、図3に示すように、操舵ハンドル13の操舵角 θ を車輪21の転舵角 θ_w として伝達する伝達比 G （ $G = \text{操舵角} \theta / \text{転舵角} \theta_w$ ）の値を、操舵角 θ と車速 V とに応じて規定した3次元マップを備えており、S102で読み込まれた操舵角 θ と車速 V から、図3のマップをもとに検索し、操舵角 θ 及び車速 V に応じた伝達比 G を設定する。そして、設定された伝達比 G と操舵角 θ とをもとに、 $(1/G) \cdot \theta$ を演算し、その演算結果をラック軸23の目標ストローク位置 X_t として設定する。

【0021】続くS106では、S102で読み込んだラック軸23の実ストローク位置 X_r と、S104で設定したラック軸23の目標ストローク位置 X_t とをもとに、転舵モータ22に対する制御量 T_w を、下記の

(1)式に基づいて設定する。なお、(1)式中、 C_p 、 C_d 、 C_i は、該当する制御量のゲインを示すゲイン係数である。

【0022】

1の制御処理について、図4のフローチャートに沿って説明する。

【0025】このフローチャートは、イグニションスイッチのオン操作によって起動する。まず、S202に進んで、操舵角センサ14で検出された操舵角 θ 、位置センサ26で検出されたラック軸23の実ストローク位置 X_r をそれぞれ読み込む。

【0026】続くS204では、S202で読み込まれ

た操舵角 θ 及び実ストローク位置 X_r を用い、下記
(2)式に基づいて反力モータ11に対する制御量 T_h
を設定する。なお、(2)式中、 K_p 、 K_d 、 K_{dd} 、

$$T_h = K_p \cdot \theta + K_d \cdot d\theta/dt + K_{dd} \cdot d^2\theta/dt^2 \\ + F_p \cdot X_r + F_d \cdot dX_r/dt + F_{dd} \cdot d^2X_r/dt^2$$

…(2)

(2)式における右辺第1項から第3項は、操舵角 θ に基づく制御量を設定する項であり、第1項は操舵角 θ に応じた操舵反力を付与する比例項として作用し、第2項は操舵ハンドル13の振動を抑制する粘性項として作用し、第3項は反力モータ11の慣性モーメントの影響を抑制し、操舵ハンドル13の切り始めの操舵感を調節する慣性項として作用する。

【0028】右辺第4項から第6項は、ラック軸23の実ストローク位置 X_r に基づく制御量を設定する項であり、例えば図5に示すように、ラック軸23に作用する軸力 F が、車輪21の転舵角(タイヤの切れ角)としての実ストローク位置 X_r に応じて変化するため、ラック軸23に作用する力の影響を操舵反力に反映させる項として作用する。第4項は実ストローク位置 X_r に応じた操舵反力を付与する比例項として作用する。また、第5項及び第6項は、車輪21の転舵位置の変化状態を考慮した項となっており、第5項は変化速度に応じた操舵反力、第6項は変化加速度に応じた操舵反力をそれぞれ付与する項として作用する。

【0029】このように、(2)式より、ハンドルの操舵状態を示す操舵角 θ に基づく制御量と、実ストローク位置 X_r に基づく制御量とをともに、反力モータ11に対する制御量 T_h を設定する。

【0030】続くS206では、設定した制御量 T_h を駆動回路15に対して出力し、駆動回路15は制御量 T_h をもとに反力モータ11を駆動する。

【0031】このような処理を繰り返し実行することで、操舵ハンドル13の操舵状態とラック軸23に作用する軸力とを考慮した操舵反力を付与することができる。

【0032】次に他の実施形態について説明する。

【0033】車輪21を転舵させる際にラック軸23に作用する軸力 F は、車輪21と路面との間の摩擦状態の影響を受ける。例えば、凍結路などの低 μ 路では、ドライアスファルト路などの高 μ 路に比べ、転舵の際のラック軸23に作用する軸力 F は小さくなる。

【0034】そこで、車輪21と路面との間の摩擦状態を考慮して、反力モータ11に対する制御量 T_h を設定する実施形態について、図6のフローチャートをもとに説明する。

【0035】このフローチャートは、イグニションスイッチのオン操作によって起動する。まず、S302に進んで、操舵角センサ14で検出された操舵角 θ 、横加速度センサ43で検出された横加速度 G_y をそれぞれ読み

F_p 、 F_d 、 F_{dd} は、それぞれ予め規定したゲイン係数である。

【0027】

込む。

【0036】続くS304では、S302で読み込まれた操舵角 θ 及び横加速度 G_y をもとに、車輪21と路面との間の摩擦状態を示す路面 μ の値を推定する。具体的には、ハンドル操作が行われた場合、そのときの操舵角 θ と、車両に作用する横加速度 G_y との関係が、路面 μ の大きさに応じて変化するため、図7に示すように、この関係を予めマップ化しておき、操舵角 θ と横加速度 G_y とをもとにマップ検索し、このときの路面 μ の値を推定する。

【0037】続くS306では、図8に示すマップをもとに、S304で推定された路面 μ の大きさに応じて、(2)式における右辺第4項のゲイン係数 F_p の値を設定する。

【0038】このようにして路面状態に応じたゲイン係数 F_p を設定した後、先の図4で説明したフローチャートに沿って、(2)式をもとに反力モータ11に対する制御量 T_h を設定する。これにより、ゲイン係数 F_p は、S306において、路面 μ の低下に応じて小さな値に設定されるため、S304で推定された路面 μ の値が低いほど、反力モータ11に対する制御量 T_h が小さな値に設定される。従って、低 μ 路ほど操舵ハンドル13に付与される操舵反力が小さくなってハンドル操作が軽くなるため、運転者は低 μ 路であることを感覚的に知ることができ、減速してハンドル操作を慎重に行うなど、低 μ 路に応じた運転操作を実施することが可能となる。

【0039】また、S306におけるゲイン係数 F_p の設定処理は、図9をもとに実施することも可能である。この場合には、路面 μ の値が低いほどゲイン係数 F_p は大きな値に設定される。従って、S304で推定された路面 μ の値が低いほど、反力モータ11に対する制御量 T_h が大きな値に設定されるため、低 μ 路ほど操舵ハンドル13に付与される操舵反力が大きくなってハンドル操作が重くなり、操舵ハンドル13の操舵量が抑制され、この影響で車輪21の転舵量が抑制される。この作用により、低 μ 路における車両の操舵コントロール性を確保することができる。

【0040】また、車輪21と路面との摩擦状態は、車輪軸重(車輪に加わる垂直荷重)や車両重量に応じて変化するため、ゲイン係数 F_p を、車輪軸重や車両重量に応じて設定することも可能である。この場合、車輪軸重や車両重量に応じて車高が変化するため、4輪に対応して設けた車高センサ42の検出結果をもとに車輪軸重や車両重量を検知することができる。例えば、車輪軸重 W

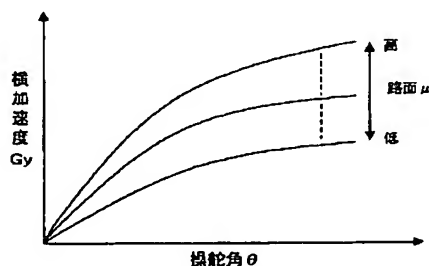
を例に説明すると、図10に示すように、検知した車輪21の車輪軸重Wが大きいほどゲイン係数 F_p が大きな値を取るよう設定する。これにより、車輪軸重Wが大きいほど、反力モータ11に対する制御量 T_h が大きな値に設定されるため、操舵反力は増加してハンドル操作は重くなり、運転者は車輪軸重Wの増加を感覚的に知ることができる。

【0041】さらに、ゲイン係数 F_p の他の設定例としては、図10の傾向とは反対に、図11に示すように、車輪21の車輪軸重Wが大きいほどゲイン係数 F_p が小さな値を取るよう設定することも可能であり、いずれのマップを備えるかは、セダンかスポーツカーか等の車両の性格付けとかの設計思想により適宜選定する。例えば、車両の後方に重い荷物を搭載した場合には前輪の車輪軸重Wが低下するが、このような場合、図10をもとにゲイン係数 F_p を設定することで、前輪の車輪軸重Wの低下をハンドル操作が軽くなることで運転者に知らせることができる。また、図11をもとにゲイン係数 F_p を設定することで、前輪の車輪軸重Wが低下した場合にハンドル操作を重くし、車両の操舵コントロール性を確保することができる。

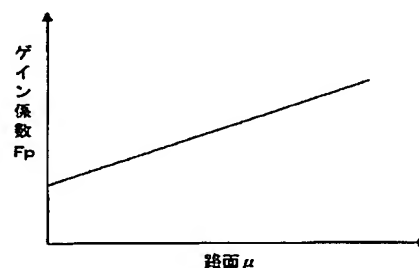
【0042】以上説明した実施形態では、路面 μ 、車輪軸重Wなどに応じて、(2)式の右辺第4項のゲイン係数 F_p を設定する場合を例示したが、右辺第5項、第6項のゲイン係数 F_d 、 F_{dd} も路面 μ 、車輪軸重Wなどに応じて設定してもよい。この場合、路面 μ 、車輪軸重Wなどに対する変化傾向は、ゲイン係数 F_p の場合と同様とする。また、(2)式の右辺第4項、第5項、第6項の各ゲイン係数を固定値とし、第4項～第6項全体のゲイン係数を路面 μ や車輪軸重Wなどに応じて設定しても良い。

【0043】また、路面 μ の推定手法としては、例示した手法の他にも、例えば、加速時或いは制動時における車輪のスリップ率をもとに推定する手法や、操舵角 θ 及び車速Vをもとに推定した横加速度と横加速度センサ43によって検出した横加速度 G_y との偏差をもとに推定する手法などを採用してもよく、特に限定するものではない。

【図7】



【図8】



【0044】

【発明の効果】以上説明したように、各請求項にかかる操舵制御装置によれば、制御量設定手段では、操舵状態に基づく制御量と転舵位置に基づく制御量とをもとに、反力付与手段に対する制御量を設定するので、転舵軸に作用する力を反映させた操舵反力を付与することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】操舵制御装置の全体的な構成を示すブロック図である。

【図2】転舵モータの駆動制御を示すフローチャートである。

【図3】操舵角 θ 及び車速Vに応じた伝達比Gを設定するマップである。

【図4】反力モータの駆動制御を示すフローチャートである。

【図5】実ストローク位置 X_r とラック軸に作用する軸力Fとの関係を示す説明図である。

【図6】ゲイン係数 F_p の設定処理を示すフローチャートである。

【図7】路面 μ の大きさに応じ、操舵角 θ と横加速度 G_y との関係を規定したマップである。

【図8】路面 μ とゲイン係数 F_p との関係を規定したマップである。

【図9】路面 μ とゲイン係数 F_p との関係を規定したマップである。

【図10】車輪軸重Wとゲイン係数 F_p との関係を規定したマップである。

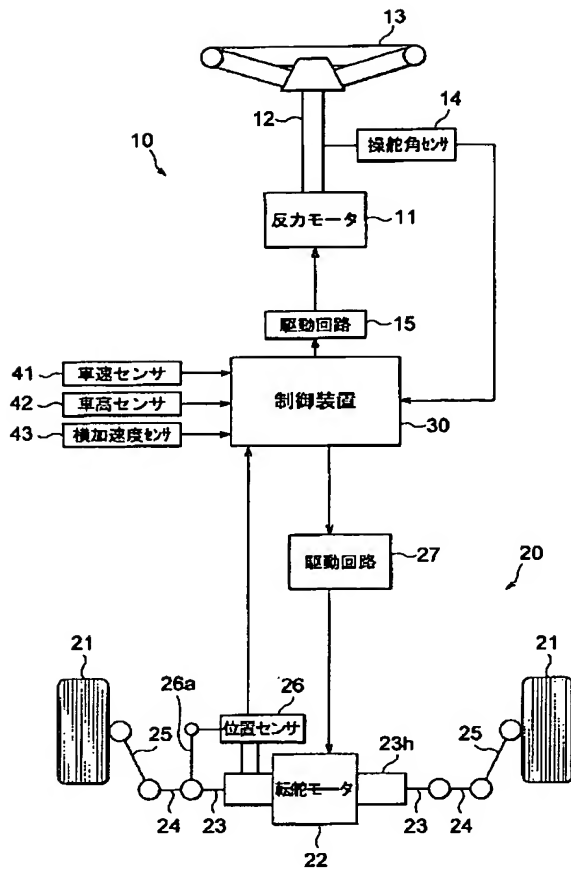
【図11】車輪軸重Wとゲイン係数 F_p との関係を規定したマップである。

【図12】従来の操舵制御装置を示す構成図である。

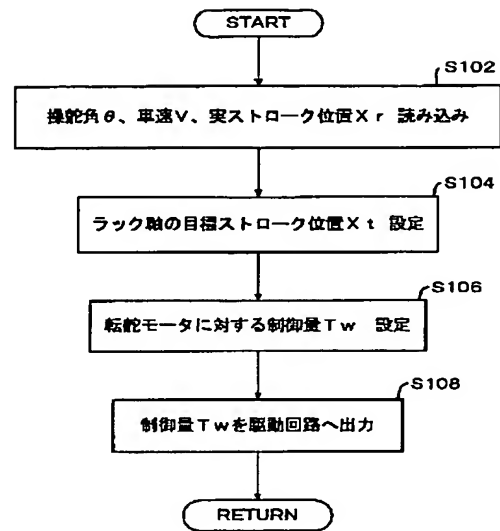
【符号の説明】

10…操舵機構、11…反力モータ、14…操舵角センサ、20…転舵機構、21…車輪（転舵輪）、22…転舵モータ（アクチュエータ）、26…位置センサ、30…制御装置、41…車速センサ、42…車高センサ、43…横加速度センサ。

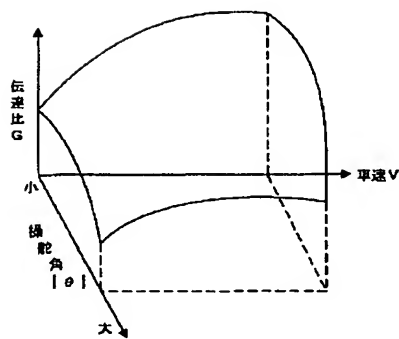
【図1】



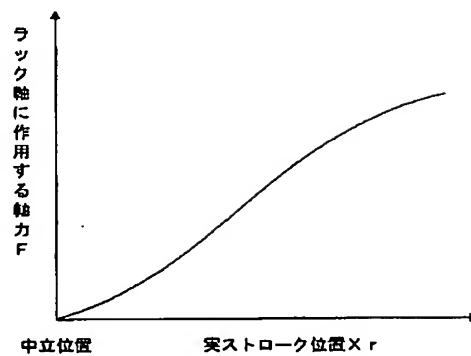
【図2】



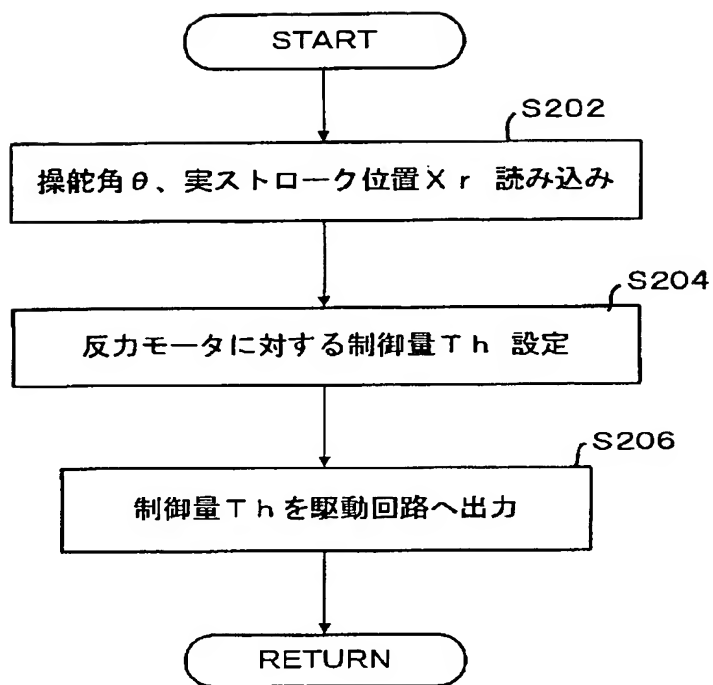
【図3】



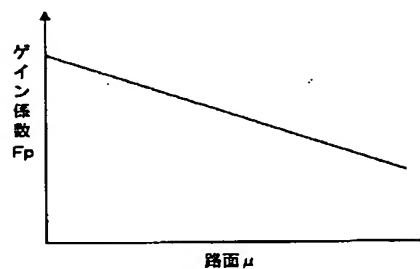
【図5】



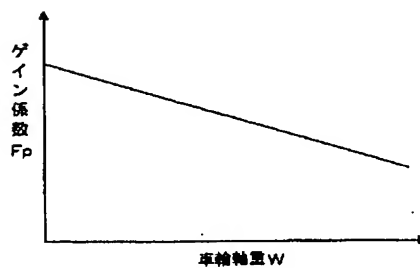
【図4】



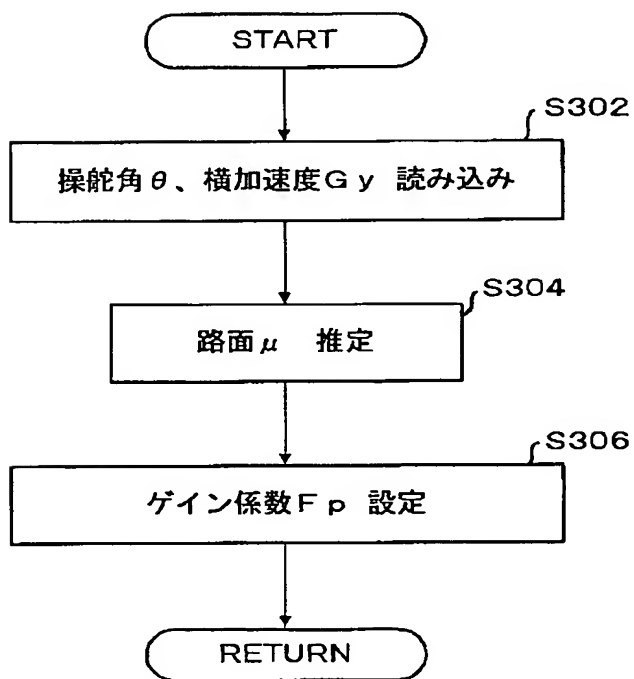
【図9】



【図11】



【図6】



【図10】

